

論文内容要旨

Nano-indentation analysis of newly formed bone tissue on a titanium surface processed by wire-type electric discharge machining

(ワイヤ放電加工チタン表面に新生された骨のナノインデンテーション分析)

Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, Medicine, and Pathology
(投稿中)

歯科理工学 黒坂正生

口腔インプラントは、整形外科などで骨折の固定に用いられるインプラントと異なり、口腔内という生体外と連続した環境と顎骨内の生体内環境とにまたがる膜貫通型のインプラントである。口腔内で唾液や口腔内細菌にさらされるため感染のリスクがあり、また咬合圧を恒常的に受けるという過酷な条件下で機能する必要がある。我々は、ワイヤ放電加工を応用したチタン表面を研究モデルとして、*in vitro* でタンパク吸着および初期細胞接着が向上すること、間葉系骨髄細胞が骨芽細胞に早期に分化し、骨形成することを明らかにしてきた。しかし、今までの研究は事象を追っただけで、実際の界面での石灰化メカニズムについては未だすべてが明らかにされておらず、形成された骨組織の構造や骨質の着目まで至らなかった。

そこで、超微小領域を対象にしたナノインデンテーション法を利用し、チタン表面に形成された骨組織の骨質分析および骨形成メカニズムについて考察を行った。

機械加工されたチタン板上およびワイヤ放電加工を施したチタン板上で骨芽細胞様細胞を播種し分化誘導培地で2週間細胞培養を行い、硬組織を生成した。その後生成した硬組織をアリザリンレッドで染色し、組織内のカルシウムの沈着を確認した。超微小領域の硬組織に対しパーシャルアンローディング法を併用し、硬組織の硬さおよび弾性係数を測定した。それらの結果とチタン最表層の酸化チタン膜の結晶構造を総合的に考察することで骨形成のメカニズムを考察した。

ワイヤ放電加工表面は機械加工表面に比べ、顕微ラマン分析で強いコーゲン架橋が観られ、ナノインデンテーションによる微小硬さ分析におい

ても優位に骨強度が高く、皮質骨の弾性係数に近い結果であった。

ワイヤ放電加工表面はアナターゼ型の酸化チタンが厚く、成型加工中の火花放電によるプラズマの発生でラジカルが取り込まれており、光照射なしに光触媒機能を発現できる。光触媒機能によりチタン表面にスーパーオキサイドアニオンラジカルが発現することで、表面の酸化チタンの結合が切れて表面に水酸基（親水基）が導入され、イオンを介して細胞接着性タンパクが強固にチタン表面に接着し、細胞の接着そしてその後の骨芽細胞への分化も有利になり、より多量の石灰化物が析出すると考えられた。ワイヤ放電加工表面は優れた骨伝導性と良好な骨質と骨強度を獲得でき、インプラント表面の表面処理法として有用であることが示唆された。

本研究に用いたナノインデンテーション法は、ダイヤモンドナノサイズ超微粒子圧子の押し込み荷重と深さを連続的に測定する。従来法で多用されてきたマクロの顕微鏡像による分析法ではなく、微小圧子の押し込み深さと荷重の曲線から硬さや弾性係数を算出する方法である。微小領域にできた石灰化物のような小さなサンプルでも測定でき有用な方法であることが示唆された。

(1174 字)